

TITOLO: Studi preliminari per un calorimetro a cristalli letto con fotodiodi.

CANDIDATO: Lorenzo Pacini

RELATORE: Raffaello D'Alessandro

I raggi cosmici costituiscono uno degli ambiti di ricerca più importanti nella fisica delle particelle. Uno fra i temi più studiati è quello legato ai meccanismi di accelerazione delle particelle fino alle energie elevatissime che caratterizzano i raggi cosmici stessi (fino a 10^{20} eV). Non esistono, ad oggi, modelli soddisfacenti che descrivano lo spettro in energia di queste particelle. Inoltre ancora adesso non è possibile compiere un'osservazione diretta al di fuori dell'atmosfera dei raggi cosmici per energie superiori a 10^{15} eV, per via dei limiti di massa e ingombro della strumentazione spaziale.

Il calorimetro *CaloCube*, argomento di questo lavoro di tesi, nasce nell'ottica di portare un contributo significativo all'osservazione dei raggi cosmici ad alta energia. Questo calorimetro sarà costituito da $20 \times 20 \times 20$ cubetti di materiale scintillante di lato circa 3.6 cm: grazie alla segmentazione sarà possibile studiare i profili degli sciami adronici ed elettromagnetici, migliorando la risoluzione energetica rispetto ad un calorimetro omogeneo. Inoltre, poiché ogni faccia del rivelatore sarà identica alle altre, si otterrà una grande accettabilità, indispensabile per avere una buona statistica in eventi con basso *rate*.

Ogni cristallo del calorimetro sarà letto da due fotodiodi, uno sensibile ai piccoli rilasci di energia e l'altro ai grandi, e anche l'elettronica front-end sarà costituita da amplificatori di carica con due guadagni selezionabili: questi due aspetti garantiranno un ampio *range* dinamico al rivelatore. Per studiare le prestazioni di *CaloCube*, oltre al lavoro svolto tramite le simulazioni, è stato realizzato un prototipo costituito da 14 piani parzialmente riempiti da cristalli di CsI(Tl).

Il primo obiettivo del mio lavoro è stato quello di realizzare una stazione di misura che permettesse di confrontare fotodiodi diversi su due o più bande spettrali. Grazie a quest'apparato ho confrontato le risposte dei due fotodiodi con cui verrà letto il segnale proveniente dai cristalli e i risultati ottenuti in merito al rapporto fra le risposte di questi sono stati conformi alle attese (rapporto pari a circa 110). Questa misura ha permesso anche di verificare che il calorimetro sarà in grado di processare segnali di 5-6 ordini di grandezza differenti, confermando l'ampio range dinamico.

Ho poi affrontato il problema legato alla scelta del materiale scintillante più adatto agli scopi sperimentali del calorimetro, andando a misurare la risposta dello CsI(Tl), del BGO e del LYSO accoppiati ad uno dei due fotodiodi già menzionati, usando una sorgente di particelle alfa. Uno dei risultati ottenuti è stata la conferma della maggior resa in luce dello CsI(Tl) ma anche che tra LYSO e BGO non si hanno grandi differenze, al contrario di quanto si poteva dedurre dalla limitata letteratura disponibile sul LYSO. Grazie ai risultati trovati in merito agli scintillatori e ai fotodiodi, è stato deciso che il prototipo di *CaloCube* sarà interamente composto da (1000) cristalli di CsI(Tl) accoppiati ai due fotodiodi.

Per quanto riguarda il prototipo stesso, il primo tema di cui mi sono occupato è la misura del *crosstalk* ottico tra i cristalli, dovuto al fatto che questi sono fasciati con teflon e che la struttura portante è realizzata in plastica bianca. Le misure hanno permesso di stimare sia l'entità del *crosstalk* fra i cubetti vicini, risultante circa il 4%, sia l'effetto complessivo di questo fenomeno, pari a circa il 20%. Grazie a queste osservazioni verrà aggiornata e migliorata l'analisi dati e verrà modificato il supporto dei cristalli che sarà costituito in fibra di carbonio, così da assorbire la luce uscente dai cristalli stessi.

Ho poi studiato in dettaglio il funzionamento del chip CASIS costituente l'elettronica front-end del prototipo. Visto che questo opera in due regimi con guadagni differenti, ho misurato con precisione il rapporto fra i due guadagni. Questo è risultato conforme alle attese (20), ma le misure effettuate mi hanno portato a rilevare due comportamenti anomali delle schede. Il primo consiste nell'aver un inaspettato aumento del segnale durante la commutazione fra i due regimi di guadagno. Questo effetto è stato spiegato con l'ipotesi della presenza di un'iniezione di carica spuria nel transistor che effettua la commutazione. La scoperta del secondo comportamento anomalo è forse uno dei risultati più sorprendenti trovati durante questo lavoro di tesi, poiché ho mostrato che esiste una dipendenza non trascurabile tra la durata della finestra di integrazione dei segnali e l'ampiezza del segnale stesso. Visto che questo tempo non è fissato (dipendendo dal tempo di arrivo del trigger) questa dipendenza può portare ad un allargamento delle distribuzioni acquisite dal calorimetro pari a circa il 10% del centroide delle curve stesse. Questo renderebbe inutilizzabile il calorimetro per eseguire misure di precisione su elettroni e fotoni, e ne degraderebbe le prestazioni anche per gli adroni.

Infine ho partecipato al fascio di test, svolto presso l'acceleratore DAFNE a Frascati. Ho quindi svolto un'analisi preliminare dei dati ottenendo sia una nuova conferma delle misure di *crosstalk* svolte in laboratorio, che una verifica della presenza degli effetti anomali dei chip. Ho anche eseguito una prima misura della linearità della risposta del calorimetro rispetto alla quantità di energia rilasciata all'interno del rivelatore stesso.